

Altersabhängiger Aminosäuregehalt der menschlichen Hornhaut

von

Jürgen Schoedel

SUS

Erlangen

1968 Nr. 2 13

Aus der Universitäts-Bibliothek, Straßburg, 18. März 1894
Dr. med. Hermann Dr. A. Tschudi

Altersabhängiger Amnositationshall der menschlichen Hornhaut

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Universitäts-Augenklinik Erlangen-Nürnberg

Direktor: Professor Dr. E. Schreck

Altersabhängiger Aminosäuregehalt der menschlichen Hornhaut

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Jürgen Schoedel

aus

Erlangen

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Wetterer

Referent: Priv.-Doz. Dr. J. Wollensak

Korreferent: Prof. Dr. E. Schreck

Tag der mündlichen Prüfung: 22.. Juli. 1968

Einleitung

Das Bindegewebe ist mesodermalen Ursprungs und macht die meisten Veränderungen in der Entwicklung des Organismus durch, wodurch u.a. eine mechanische Festigkeit erzielt wird. Es besteht aus einem System von Zellen und Fasern, die in einer Grundsubstanz eingebettet liegen. Die Zellen bestehen aus Fibroblasten, Histocyten, Mesenchym-, Mast-, Plasma-, Fett- und Pigmentzellen. Die Faserelemente kann man durch histochemische Untersuchungen als Kollagen, Elastin und Reticulin identifizieren.

Das Hornhautparenchym entwickelt sich aus Mesenchym und besteht daher aus den obengenannten Bausteinen des Bindegewebes.

Unter den verschiedenen Kollagengeweben nimmt die Cornea wegen ihrer Transparenz eine Sonderstellung ein. Die bedeutsamen Faktoren dafür liegen in der hohen Faserordnung, im Wassergehalt und bei den Mucopolysacchariden (Alfred J. Coulombre and Jane L. Coulombre 1958). Schließlich scheint das Endothel für die Konstanz der Wassermenge der Cornea verantwortlich zu sein.

Wegen dieser Besonderheit und der Tatsache, daß beim Krankheitsbild des Keratokonus eine Änderung der chemischen Zusammensetzung der Cornea festgestellt wurde (Buddecke und Wollensack 1967), soll die Frage behandelt werden, wie sich der Gehalt der Aminosäuren in der menschlichen Hornhaut während der einzelnen Lebensjahrzehnte (0 - 79) ändert, da auf Grund von morphologischen Studien für die Cornea bereits eine Ausnahmestellung bezüglich Reifung und Alterung und ein Stehenbleiben auf embryonaler Stufe postuliert wurde (W. Schwarz 1953).

Außer den Berichten von Anseth (1961) über den Glucosamin- und Galktosamingehalt und von Buddecke und Wollensack (1967) über die sauren Mucopolysaccharide und Glukoproteine liegen keine weiteren chemischen Angaben über menschliche Hornhäute vor.

Material und Methode

1. Material:

Für die Untersuchung wurden menschliche Hornhäute 6 - 20 Std. post mortem durch perforierende Trepanation ($\varnothing = 6$ mm) entnommen und unmittelbar nach Entnahme in Aceton gelegt, nach Altersklassen geordnet und in Polyäthylenfläschchen 14 Tage lang aufbewahrt.

Das zur Analyse gekommene Material war so zusammengestellt, daß möglichst von jedem 2. Lebensjahr in einem Lebensjahrzehnt zwei Hornhäute verwendet wurden.

Die Altersklassen setzten sich wie folgt zusammen:

Nr.	Lebensjahrzehnt	Hornhäute im Alter von
I	Neugeborene	2 Totgeburten, 1 tote Frühgeburt
II	0 - 9	1-,3-,7- Jahre alt
III	10 - 19	10-,13-,17- Jahre alt
IV	20 - 29	24-,26-,27- Jahre alt
V	30 - 39	31-,36-,37- Jahre alt
VI	40 - 49	40-,42-,43-,47-,49- Jahre alt
VII	50 - 59	51-,52-,55-,57-,58- Jahre alt
VIII	60 - 69	60-,61-,62-,65-,68- Jahre alt
IX	70 - 79	70-,72-,76-,77-,79- Jahre alt

Das Acetontrockengewebe wurde nun im Exsikkator über Phosphorpentoxid bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend in ungefähr 0,5 mm x 0,5 mm kleine Stückchen zerschnitten.

Die einzelnen Hornhäute hatten ein Trockengewicht von 3 mg bis 5 mg und es ergab sich für alle neun Altersklassen ein Gesamtgewicht von 288 mg.

2. Analysenvorbereitung:

Man brachte das zerschnittene Material je nach Altersklassen getrennt in Hydrolysekölbchen, versetzte es mit jeweils 1 ml 6n HCl und schloß sie luftdicht ab, wobei vorher durch eine Kapillarleitung die atmosphärische Luft durch nachgereinigten Stickstoff ersetzt war. Die zugeschmolzenen Hydrolysekölbchen standen 24 Std. lang bei 110°C im Trockenschrank, wobei die meisten Peptidbindungen gespalten und somit die Aminosäuren in Freiheit gesetzt werden. Die wiedergeöffneten Kölbchen trockneten im Exsikkator unter NaOH-Plätzchen. Der getrocknete Rückstand löste sich in Puffer von pH 2,2 und man verdünnte soweit, daß 1 mg der eingewogenen Trockensubstanz in 1 ml Puffer enthalten war. Die durch die Hydrolyse aus Kohlenhydraten entstandenen schwarzen Humine ließen sich abzentrifugieren und die überstehende Flüssigkeit bewahrte man in Polyäthylenfläschchen bei -30°C auf.

3. Analyse:

Von diesen so hergestellten Proben kamen je 1 ml zur Analyse der basischen, sauren und neutralen Aminosäuren, wobei man mit nachgereinigtem Stickstoff das Material in die Säulen einpreßte. Von jedem Lebensjahrzehnt kamen 3 Proben zur Analyse.

Dazu wurde der Aminosäurenanalysator der Fa. Beckmann verwendet. Das Prinzip dieses Apparates sei kurz erwähnt:

Er dient zur Identifizierung und quantitativen Bestimmung von Aminosäuren in Gemischen mit Hilfe der Ionenaustauscherchromatographie, nach dem von Stein und Moore entwickelten Verfahren. Die auf die Säule aufgebrachte Probe wird an einem Ionenaustauscherharz aufgetrennt und mit Citratpuffer eluiert. Dieses Eluat wird nun mit Ninhydrinreagenz versetzt und reagiert in einem Wasserband von 100°C unter Bildung einer blauvioletten Verbindung,

die bei $570\mu\text{m}$ ein Absorptionsmaximum besitzt. Aminosäuren ohne freie Aminogruppe, wie Prolin und Hydroxyprolin, reagieren zu einer gelbgefärbten Verbindung, die ihr Absorptionsmaximum bei $440\mu\text{m}$ hat. Das Reaktionsgemisch strömt nun durch die Glasküvette eines Durchflußkolorimeters, in welchem die Extinktion des gefärbten Eluates kontinuierlich gemessen wird. Die Meßwerte werden vom Kolorimeter direkt auf einen Punkte-Schreiber übertragen. Aus der Reihenfolge, sowie der Anzahl der Punkte der aufgezeichneten Kurven ergibt sich Art und Menge der in den Proben enthaltenen Aminosäuren.

Analysenergebnisse: In Mikromol/10 mg Trockensubstanz
angegeben sind die Mittelwerte mit Abweichungen

I. Saure und neutrale Aminosäuren

Alters- klassen	OH-Prolin	Prolin	Asparaginsre.	Threonin
Neugebo- rene	3,46+0,82	6,55+1,87	4,97+0,45	2,22+0,25
0-9 J.	4,62+0,52	7,07+1,92	5,21+0,21	2,30+0,13
10-19 J.	5,14+0,14	8,00+2,08	5,00+0,64	2,24+0,18
20-29 J.	5,28+0,20	8,44+2,17	5,29+0,34	2,23+0,11
30-39 J.	5,30+1,23	8,92+1,82	5,41+0,75	2,40+0,16
40-49 J.	5,33+1,55	9,37+2,56	5,40+0,19	2,38+0,29
50-59 J.	5,45+1,22	9,67+2,37	5,28+0,84	2,35+0,43
60+69 J.	5,57+L,01	9,62+1,91	5,44+0,50	2,47+0,52
70-79 J.	5,46+0,73	9,58+1,28	5,15+0,78	2,45+0,30

Alterskl.	Serin	Glutaminsre.	Glycin	Alanin	Valin	Cystin
Neugebo- rene	3,26+0,51	7,25+0,47	21,94+0,51	8,15+0,30	3,22+0,07	+
0- 9 J.	3,57+0,33	7,12+0,37	23,28+1,16	7,84+0,28	3,20+0,06	+
10-19 J.	3,59+0,40	7,07+0,25	23,27+1,23	8,50+1,04	3,22+0,44	+
20-29 J.	3,77+0,77	7,24+0,39	23,61+0,97	8,68+0,63	3,57+0,65	+
30-39 J.	3,57+0,29	7,17+0,40	23,28+0,43	8,24+0,47	3,03+0,38	+
40-49 J.	3,30+0,19	7,02+0,42	22,46+0,44	8,17+0,21	3,46+0,46	+
50-59 J.	3,44+0,33	6,60+0,60	21,09+1,09	7,86+1,02	3,32+0,58	+
60-69 J.	3,62+0,69	7,11+0,11	21,32+1,32	7,96+0,30	3,28+0,49	+
70-79 J.	3,49+0,36	7,31+0,19	21,90+1,10	8,01+0,08	3,48+0,67	+

Alterskl.	Methionin	Isoleucin	Leucin	Tyrosin	Phenylalanin
Neugebo- rene	0,71+0,07	1,51+0,31	3,52+0,29	1,40+0,60	1,80+0,21
0- 9 J.	0,86+0,26	1,87+0,14	3,73+0,03	1,64+0,04	1,94+0,44
10-19 J.	0,76+0,18	1,79+0,24	4,11+0,65	1,79+0,24	1,82+0,11
20-29 J.	0,75+0,14	2,02+0,36	4,41+0,49	2,37+0,35	1,95+0,25
30-39 J.	0,70+0,14	1,57+0,16	3,62+0,40	1,41+0,30	1,69+0,35
40-49 J.	0,73+0,05	2,39+0,59	3,91+0,37	1,41+0,36	1,88+0,42
50-59 J.	0,65+0,24	1,76+0,42	3,84+0,45	1,25+0,07	1,95+0,46
60-69 J.	0,78+0,23	1,73+0,08	4,23+0,25	1,45+0,33	1,94+0,30
70-79 J.	0,72+0,04	1,91+0,14	4,07+0,31	1,58+0,40	1,98+0,43

II. Basische Aminosäuren

Alters- klassen	OH-Lysin	Lysin	Histidin	Arginin	Summe
Neuge- borene	0,58+0,10	2,35+0,13	0,76+0,16	4,12+0,34	7,81+0,18
0- 9 J.	0,64+0,18	2,74+0,52	0,73+0,13	4,38+0,49	8,49+0,33
10-19 J.	0,73+0,07	2,79+0,57	0,74+0,14	4,34+0,45	8,60+0,30
20-29 J.	0,83+0,16	2,88+0,66	0,77+0,17	4,58+0,56	9,06+0,38
30-39 J.	0,75+0,23	2,58+0,36	0,58+0,02	3,94+0,17	7,86+0,19
40-49 J.	0,81+0,34	2,79+0,57	0,63+0,03	4,26+0,51	8,49+0,33
50-59 J.	0,71+0,05	2,61+0,39	0,49+0,11	3,80+0,03	7,61+0,14
60-69 J.	0,73+0,07	2,89+0,58	0,66+0,06	4,24+0,47	8,52+0,29
70-79 J.	0,68+0,02	2,88+0,44	0,56+0,04	4,31+0,44	8,54+6,23

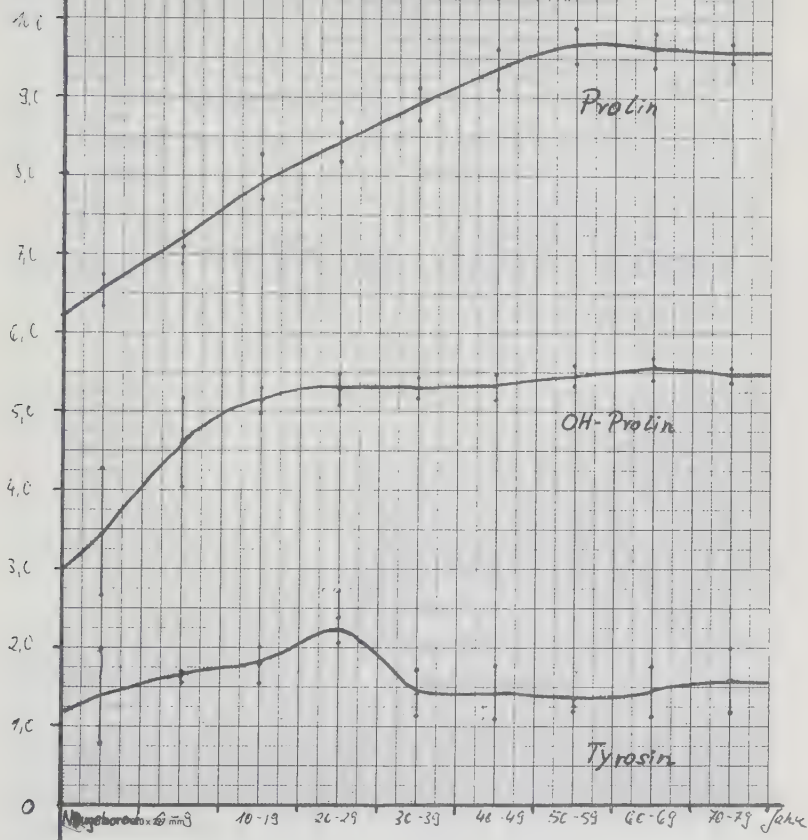
Alters- klassen	Ammoniak
--------------------	----------

Neugebo- rene	5,83+0,86
0- 9 J.	5,31+0,77
10-19 J.	6,04+0,23
20-29 J.	5,00+0,88
30-39 J.	5,22+1,06
40-49 J.	6,25+1,26
50-59 J.	6,33+1,37
60-69 J.	5,63+0,94
70-79 J.	5,00+0,36

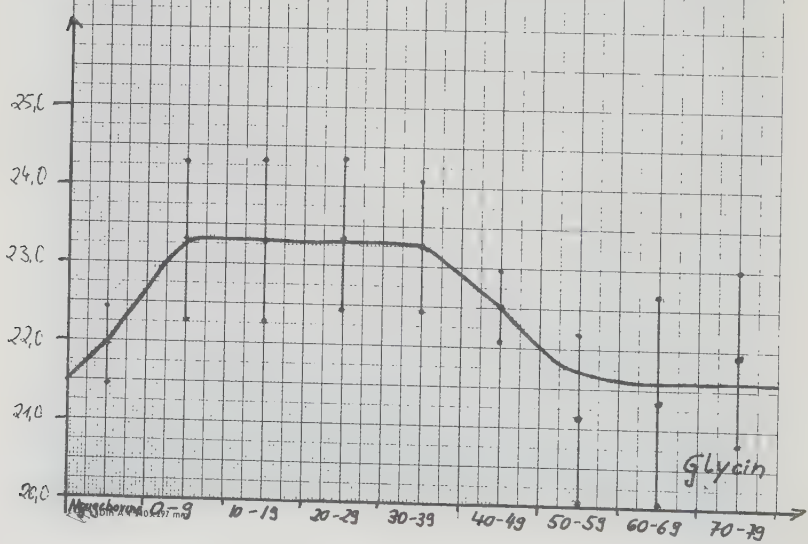
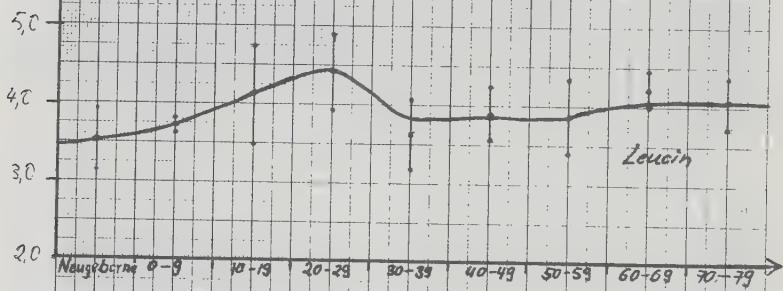
Graphische Darstellung der Aminosäuren, die altersabhängig
in menschlicher Hornhaut enthalten sind

$\mu\text{mol}/10\text{mg Substanz}$

I.



I.



Analysenergebnisse.

Die menschliche Hornhaut setzt sich chemisch gesehen u.a. aus Wasser, Salzen, Fetten und Mucopolysacchariden zusammen. Bei der hier angewandten Methode der chemischen Analyse werden die Eiweißkörper bzw. Aminosäuren quantitativ und qualitativ erfaßt. Aus den angeführten Tabellen kann man folgendes ersehen:

In der menschlichen Hornhaut sind vorhanden:

(Zahlenangabe in % - Mikromol)

Asparaginsre.	5,8 ± 0,5	Methionin	0,8 ± 0,1
Threonin	2,6 ± 0,3	Isoleucin	2,0 ± 0,2
Serin	3,9 ± 0,4	Phenylalanin	2,1 ± 0,3
Glutaminsre	7,9 ± 0,4	Hydoxylysin	0,8 ± 0,1
Alanin	9,1 ± 0,5	Lysin	3,0 ± 0,5
Valin	3,7 ± 0,4	Histidin	0,8 ± 0,1
Arginin		4,8 ± 0,4	

Außerdem liegen vor:

Hydroxyprolin	3,8 - 6,0 ± 0,8	je nach Alter
Prolin	7,3 - 10,8 ± 2,5	je nach Alter
Glycin	24,5 - 26,3 ± 1,0	je nach Alter
Tyrosin	1,7 - 2,6 ± 0,3	je nach Alter
Leucin	3,9 - 4,9 ± 0,4	je nach Alter

Cystin ist nur in Spuren vorhanden und Tryptophan wird nicht gefunden, da es weitgehend bei der Hydrolyse zerstört wird. Außerdem kann man quantitative Unterschiede in den verschiedenen Altersklassen bei folgenden Aminosäuren feststellen: Unter physiologischen Bedingungen wird bei Neugeborenen der niedrigste Hydroxyprolinwert gefunden, er steigt dann bis zur Altersklasse II um 1,3 % an, bis zum 3. Lebensjahrzehnt um 0,5 % und bleibt dann auf einem Niveau von 6,0 %.

Prolin nimmt bis zum 59. Lebensjahr um rund 0,5 % zu.

Drei weitere Aminosäuren steigen bis zur Altersklasse IV an, fallen dann leicht ab und behalten einen konstanten Wert:

Leucin Anstieg um 1,0 %

Tyrosin Anstieg um 0,9 %

die Summe der basischen Aminosäuren.

Bei Glycin ist ein Anstieg um 1,5 % bis zur Altersklasse II (0 - 9 J.) feststellbar, dann bleiben die Werte bis zur Altersklasse V (30 - 39 J.) auf einem Plateau von 26 %, um dann auf 24,4 % abzufallen.

Alle anderen Aminosäuren behalten in den untersuchten Altersklassen einen weitestgehenden konstanten Wert. Der bei der Analyse gefundene Ammoniak ist der Zerstörung von Aminosäuren während der Hydrolyse zuzuschreiben.

DISKUSSION.

Seit den ersten chemischen Untersuchungen an tierischen Hornhäuten von J. Müller 1836, der eine Analogie zwischen Cornea und Knorpelgewebe feststellte, folgten zahlreiche andere:

So isolierte Mörner 1894 ein Corneamuroid. 1925 führte Levene grundlegende Untersuchungen an der Hornhaut durch, wobei festgestellt wurde, daß die Cornea von Rindern bzw. die Tunica propria als Hauptkomponente außer dem Wassergehalt vorwiegend aus dem Skleroprotein Kollagen und geringen Anteil Elastin besteht.

Neuere chemische Untersuchungen tierischer Hornhäute ergaben:

1. Wassergehalt: Er variiert bei Ochsen, Kaninchen und Katzen zwischen 76 - 78 % (Duane 1949,
Davson 1949, 1955)
2. Mucopolysaccharide: Anseth und Laurent (1961) haben 4 - 4,5 % des Trockengewichtes gefunden. Buddecke und Wollensack untersuchten 1966 die Zusammensetzung der sauren Mucopolysaccharide und Glucoproteine menschlicher Hornhäute in Abhängigkeit vom Alter.
3. Eiweißkörper: Nach Analysen von Smith (1957) und Polatnick et al. (1957) zeigt sich, daß beim Ochsen 60 % des Trockengewichtes Kollagen und 30 % andere Proteine ausmachen.

Kollagen ist durch einen hohen Gehalt an Glycin, Prolin und Hydroxyprolin gekennzeichnet. Allerdings zeigt die Zusammensetzung des Kollagens in den verschiedenen Bindegewebsarten mengenmäßige Variationen der Aminosäuren (Slack 1959). Bei der menschlichen Hornhaut hingegen machen nicht ganz die Hälfte (43,1 %) die obengenannten Aminosäuren aus, wie die aufgeführte Versuchsreihe bestätigt.

Betrachtet man die Bausteinanalysen von den Skleroproteinen, Kollagen, Reticulin und Elastin, die von Bear, Bowes und Windrum 1955 gemacht wurden, so stellt man fest, das Cystin nur im Elastin, Tyrosin und Hydroxylysin nur im Kollagen und Reticulin enthalten sind. Das in der menschlichen Hornhaut gefundene Cystin ist somit wohl allein dem Vorhandensein des Elastin zuzuschreiben, während alle anderen Aminosäuren im Kollagen, Reticulin und Elastin vorkommen, so daß mit dieser Analysenmethode keine qualitative Trennung zwischen den einzelnen Skleroproteinen gelingt.

Gewöhnlich wird bei chemischen und histochemischen Untersuchungen kein Unterschied zwischen Hornhautgewebe von Menschen und anderen Säugetieren festgestellt. Aber die Übereinstimmung mit dem Menschen ist nicht durchgehend: so bestehen Unterschiede im Typ des Chondroitinsulfates, das im Corneagewebe des Menschen als Chondroitin-6-sulfat, beim Rind dagegen als Chondroitin-4-sulfat identifiziert wurde. (Lloyd et al. 1959 und Mathews 1958).

Vergleicht man nun qualitativ die Aminosäuren menschlicher und tierischer Hornhäute, so besteht kein Unterschied; denn Jsao Usui hat 1964 bei Untersuchungen an tierischen Hornhäuten die gleichen Aminosäuren identifiziert, die auch in der menschlichen Hornhaut vorhanden sind.

Quantitativer Vergleich der Eiweißzusammensetzung der
menschlichen Hornhaut und der Kalbshaut (Graßmann 1955)

Aminosäuren	menschl. Cornea	Kalbshaut	pos.	neg.
Asparaginsre	5,8	4,2	+1,6	
Threonin	2,6	1,6	+1,0	
Serin	3,9	3,9		=
Glutaminsre	7,9	7,1	+0,8	
Alanin	9,1	10,9		-1,8
Valin	3,7	2,2	+1,5	
Methionin	0,8	0,5	+0,3	
Isoleucin	2,0	1,2	+0,8	
Phenylalanin	2,1	1,7	+0,3	
OH-Lysin	0,8	-	+0,8	
Lysin	3,0	2,9	+0,1	
Histidin	0,8	0,6	+0,2	
Arginin	4,8	5,1		-0,3
OH-Prolin	6,0	9,2		-3,2
Prolin	10,8	13,3		-2,5
Glycin	26,3	32,6		-6,3
Tyrosin	2,6	0,5	+2,1	
Leucin	4,9	2,5	+2,4	
Summe	97,9	100,0	+11,9	-14,1

Betrachtet man die Tabelle, so sieht man, daß in der Gesamtmenge der Aminosäuren ein Unterschied von 2,1 % besteht. Das ist genau die Menge, die als Ammoniak gefunden wurde und als Zeichen der Zerstörung einiger Aminosäuren durch die saure Hydrolyse zu werten ist.

In der menschlichen Hornhaut finden sich folgende Aminosäuren in geringerer Menge:

Alanin, Arginin, Hydroxyprolin, Prolin, Glycin
in derselben Menge:

Serin
in höherer Konzentration:

Asparaginsäure, Threonin, Glutaminsäure, Valin, Methionin,
Isoleucin, Phenylalanin, Hydroxylysin, Lysin, Histidin,
Tyrosin, Leucin.

Auf eine große Variationsbreite der Kollagenzusammensetzung hat schon Slack 1959 hingewiesen.

Außer diesem Befund zeigt die Aminosäurenanalyse menschlicher Hornhäute durch die nach Altersstufen getrennte Darstellung, daß folgende Aminosäuren mit zunehmendem Alter der Cornea mengenmäßig um 10,9 % zunehmen: Glycin, Hydroxyprolin, Prolin, Leucin und Tyrosin. Da aber immer dieselbe Gewichtseinheit zur Analyse kam, muß sich die Substanz, die mit dieser Methode erfaßt wurde, vermehrt und jene, die nicht dargestellt wurde, vermindert haben. Die oben erwähnten Aminosäuren sind die Hauptbestandteile des Kollagens. Man kann also folgern, daß mit zunehmendem Alter der Kollagengehalt und damit der Faseranteil der menschlichen Hornhaut zunimmt. Auf Grund mikroskopischer Untersuchungen haben Smelzer und v. Ozanics dasselbe bei Kaninchenhornhäuten gefunden. Sie sahen, daß bei der Entwicklung dieser tierischen Cornea der Faseranteil zu Ungunsten der Grundsubstanz anwächst und so zur Stabilität beiträgt.

Zusammenfassung

Die Aminosäureanalyse menschlicher Hornhäute brachte folgende Ergebnisse:

Die menschliche Cornea unterscheidet sich in der Zusammensetzung der Aminosäuren nicht von den bisher untersuchten Tierhornhäuten.

Die Hornhaut ist ein kollagenreiches Gewebe, das qualitativ die gleiche Zusammensetzung wie anderes Bindegewebe hat, das aber quantitativ Unterschiede aufweist. So ist in der menschlichen Hornhaut weniger Hydroxyprolin, Prolin, Glycin, Alanin, Arginin, gleich viel Serin und mehr Asparaginsre., Threonin, Glutaminsre., Valin, Methionin, Isoleucin, Phenylalanin, Hydroxylysin, Lysin, Histidin, Tyrosin, Leucin an Menge vorhanden als in einem anderen Bindegewebe. Jedoch gleichen sich die Unterschiede der einzelnen Aminosäuren aus, so daß im Gesamten die gleiche Menge vorhanden ist. Zum Vergleich mit einer anderen Bindegewebsart wurde die Kollagenanalyse der Kalbshaut (Graßmann 1955) herangezogen.

Weiterhin kann durch die nach Altersstufen getrennte Analyse ein Ansteigen der Skleroproteine gekennzeichnet durch Hydroxyprolin, Prolin, Leucin, Tyrosin und die Summe der basischen Aminosäuren um 10,9 % gezeigt werden. Es wird bewiesen, daß der Kollagengehalt der menschlichen Hornhaut und somit der Faseranteil zunehmen, wodurch die mechanische Festigkeit zunimmt. Diese Entwicklung scheint mit dem 30. Lebensjahr weitgehendst abgeschlossen zu sein.

Literatur

- Anseth, A.: Studies on corneal polysaccharides. III. Topographic and comparative biochemistry. Exp. Eye Res. 1, 106, 1961
- Bear, R.S.: Advances Protein Chem., 7, 69, 1952
- Boas, N.F. Arc. Biochem. 57, 367, 1955
- Buddecke, E.
u. Wollensak, J.: Saure Mucopolysaccharide und Glukoproteine der menschlichen Cornea in Abhängigkeit vom Lebensalter und bei Keratokonus. Albrecht v. Graefes Arch. Klin. exp. Ophthalm. 171, 105-120, 1966
- Coulombre, A.J.
and
Coulombre, J.L.: Am. J. Ophthalm. 46, 267-280, 1958
- Davson, H.: The Hydration of the cornea, Biochem. J. 59, 24-28, 1955
- Duane, T.D.: The steady state of corneal hydration. Am. J. Ophthalm. 32, 203-207, 1949
- Graßmann, W.K.:
Hannig und
M. Plöckl: Z. physiol. Chem. 299, 258, 1955
- Levene, P.A.: Hexosamines and mucoproteins. London: Longmus Green & Co. 1925
- Lloyd, A.G.
and
Dodgson, K.S.: Infrared spectra of Carbohydrate sulfate esters (II). Nature (Lond.) 184, 548, 1959
- Mathews, M.B.: Isomeric chondroitin suophates. Nature (Lond.) 181, 421, 1958
- Mörner, C.T.: Untersuchungen über die Proteinsubstanzen in den lichtbrechenden Medien des Auges. v. Hoppe-Seylers, Z. Physiol. Chem. 18, 233, 1894
- Polatnick, J.,
La Tessa, A.J.
and
Katzin, H.: Comparison of collagen preparations from beef cornea and sclera. Biophys. biochem. Acta 26, 361-364, 1957

- Schwarz, W.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Differenzierung der Cornea-Sklerafibrillen des Menschen. Z. Zellforsch. 38, 78, 1953
- Slack, H.G.B.: Some Notes on the Composition and Metabolism of Connective Tissue. Amer. J. Med. 26, 113-124, 1959
- Smelzer
and
v. Ozanies: New concepts in Anatomy and Histology of the cornea worldpress, S. 1-20
- Smiths, G.: Quantitative interrelationships of the chief components of same Connective Tissues during foetal and postnatal development in cattle. Biochem.biophys. Acta 25, 542-548, 1957
- Usui, J.: Studies on the chemical components of sclera and cornea by highpotentialpaper-electrophoresis, Acta Soc. Ophthal. Jap. 64, 2147-2151, 1960
- Windrum, G.M.,
Kent, P.W.
and
Eastone, J.E.: Brit. J. Exper. Path., 36, 49, 1955

Meinem verehrten Doktorvater,

Herrn Privatdozent Dr. med. J. W o l l e n s a k

danke ich herzlich für die Stellung des Themas,
seine wertvollen Anregungen und die stete
Anteilnahme bei der Durchführung dieser Arbeit.

Lebenslauf:

=====

Ich bin am 9.3.1941 als Sohn des Facharztes für Innere Medizin Dr. Heinrich Schoedel und seiner Ehefrau Emma, geb. Meier, in Erlangen geboren. Dort besuchte ich die Volksschule und anschließend das humanistische Gymnasium in Erlangen und das Melanchthon-Gymnasium in Nürnberg, wo ich 1961 das Abitur bestand.

Im selben Jahr begann ich das Studium der Medizin in Erlangen.

Dort bestand ich das Vorphysikum 1962 und das Physikum 1964.

Das erste klinische Semester studierte ich in Erlangen, die nächsten beiden an der Universität München und die restlichen drei Semester wiederum an der Universität Erlangen, wo ich am 11. Juli 1967 die Prüfung des medizinischen Staatsexamens beendigte. Am 1. Oktober 1967 nahm ich als Medizinalassistent die Arbeit an der Universitäts-Augenklinik in Erlangen auf. Seit 1. März 1968 bin ich als Medizinalassistent an der chirurgischen Abteilung des städtischen Krankenhauses Bayreuth tätig.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 852 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 2 29 90
